

## 杜仲叶对育肥猪生长性能、胴体性状、抗氧化能力及肠道菌群的影响

石海仁<sup>1</sup> 滚双宝<sup>1,2</sup> 张生伟<sup>1</sup> 黄旺洲<sup>1</sup> 杨巧丽<sup>1</sup> 黄晓宇<sup>1</sup> 王鹏飞<sup>1</sup> 李生贵<sup>1</sup> 闫尊强<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省现代养猪工程技术研究中心, 兰州 730070)

**摘要:** 本试验旨在研究饲料中添加杜仲叶对育肥猪生长性能、胴体性状、抗氧化能力及肠道菌群的影响, 探讨其在育肥猪上的应用效果。选择出生日龄相近、健康状况良好且体重[(27±1) kg]无显著差异的长白×大白猪 60 头, 随机分为 3 组, 每组 20 头猪。其中对照组饲喂基础饲料(不添加任何抗生素), 试验组分别用 3%、4% 杜仲叶粉替代基础饲料中同比例次粉, 试验期共 102 (52+50) d, 试验结束时, 每组随机选取 4 头猪(公母各占 1/2)屠宰, 测定胴体性状及肉品质指标。结果表明: 试验第 1~52 天, 与对照组相比, 4% 杜仲叶添加组平均日增重显著提高 ( $P<0.05$ ), 腹泻率极显著降低 ( $P<0.01$ ); 试验第 53~102 天, 与对照组相比, 试验组料重比极显著下降 ( $P<0.01$ )。与对照组相比, 试验组眼肌面积增加 ( $P>0.05$ ), 滴水损失极显著下降 ( $P<0.05$ ), 肝脏中谷胱甘肽过氧化物酶活性极显著上升 ( $P<0.01$ ), 肝脏中丙二醛含量极显著降低 ( $P<0.01$ )。4% 杜仲叶添加组大肠杆菌和沙门氏菌数量显著低于对照组 ( $P<0.05$ ), 双歧杆菌与乳酸菌数量差异不显著 ( $P>0.05$ )。结果提示: 饲料添加 4% 杜仲叶可显著降低育肥猪的腹泻率, 提高育肥猪生长性能, 改善其胴体性状和肉品质, 提高肝脏抗氧化能力, 对肠道菌群数量具有一定的调控作用。

**关键词:** 杜仲叶; 生长性能; 肉品质; 抗氧化能力; 肠道菌群

中图分类号: S816; S828 文献标识码: A 文章编号:

随着人民生活水平的不断改善, 国民对畜禽产品的质量要求越来越高。近几年, 研发具有生物活性的中草药添加剂成为改良畜禽肉质的热点。《神农本草经》中记载杜仲 (*Eucommia ulmoides*) 性温、味甘、无毒、有清香气味。研究表明, 杜仲叶是一种安全、无残留的绿色添加剂, 不仅含有丰富的氨基酸、微量元素、维生素等物质<sup>[1-2]</sup>, 还兼有药理和生理功效<sup>[3-4]</sup>, 尤其对改善动物肉质、增强免疫力<sup>[5-6]</sup>及提高抗氧化能力<sup>[1-2,6]</sup>均具有一定作用。但杜仲入药后残留的杜仲叶未能被有效利用, 造成浪费的同时对环境造成了一定污染。因此, 将杜仲叶作为饲料添加剂不仅能改良畜禽的肉质性状, 也可增加药农的经济收入。迄今为止, 国内外很多学者在饲料中添加杜仲叶提取物绿原酸等物质来提高动物的生长性能、胴体性状及肉品质指标。冷向军等<sup>[7]</sup>将杜仲叶提取物绿原酸添加到草鱼饲料中, 有效降低了肌肉失水率, 使肌纤维变细, 改善肌肉品质。莫棣华等<sup>[8]</sup>以杜仲素作为添加剂饲喂育肥猪, 显著提高了育肥猪的平均日增重, 降低了料重比与死淘率, 显著降低了肩部膘厚。杨津等<sup>[9]</sup>研究发现, 杜仲叶中的黄酮苷等多酚类物质可以降低肝脏中丙二醛 (MDA)

收稿日期: 2017 - 07 - 06

基金项目: 甘肃省科技重大专项“高繁殖力猪新品系选育研究”(092NKDA036)

作者简介: 石海仁 (1992—), 男, 甘肃临洮人, 硕士研究生, 研究方向为动物遗传育种与繁殖。E-mail: hairens@qq.com

\*通信作者: 滚双宝, 教授, 博士生导师, E-mail: gunsb@gsau.edu.cn

的含量，增强小鼠超氧化物歧化酶（SOD）的活性。贾宁<sup>[10]</sup>研究发现，杜仲可促进小鼠体组织胶原蛋白的合成，延缓机体衰老。此外，饲料添加杜仲叶对肠道菌群数量的动态平衡具有一定的调节作用<sup>[11-12]</sup>。本研究针对陕西地区次粉价格昂贵、杜仲资源丰富、杜仲叶中绿原酸等物质提取工艺复杂<sup>[13-14]</sup>且成本高等问题，使用未提取绿原酸等物质的全叶粉替代基础饲料中同比例次粉，研究杜仲叶对育肥猪生长性能、胴体性状、肉品质、抗氧化能力及肠道菌群的影响，探讨其在育肥猪上的应用效果，为杜仲叶作为饲料添加剂生产高品质猪肉提供依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物及设计

本试验采用单因子设计，选择日龄相近、健康状况良好且体重[(27±1) kg]无显著差异( $P>0.05$ )的长白×大白猪 60 头，随机分为 3 组，每组 20 头。其中对照组饲喂基础饲料（不添加任何抗生素），试验 1 组和试验 2 组分别用 3%、4%的杜仲叶粉替代基础饲料中同比例次粉，试验期共 102 (52+50) d。试验结束时，每组随机选取 4 头猪（公母各占 1/2）屠宰（共 12 头），测定胴体性状及肉品质指标。

试验于 2015 年 8 月至 12 月在陕西安康秦阳晨国家级核心育种厂进行。试验前对猪舍、圈栏、地面及饲养器具彻底清洗消毒，空栏 7 d。试验期间采取自由采食、饮水，每日饲喂 3 次。为消除各类因素对试验结果影响，试验期间不对猪只服喂任何抗生素类药物，只采取简单的消毒程序。

试验饲料参照 NRC（2012）标准，根据育肥猪营养需要配制，饲料组成及营养水平见表 1。杜仲叶由陕西安康汉阴华晔植物药业有限公司提供，是未提取绿原酸等物质的全叶粉。杜仲叶营养成分含量见表 2。

表 1 饲料组成及营养水平（风干基础）

Table.1    Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)					%		
项目   Items		1~52 天   1 to 52 days			53~102 天   53 to 102 days		
		杜仲叶添加量 <i>Eucommia ulmoides</i>			杜仲叶添加量 <i>Eucommia ulmoides</i>		
		对照	leaf supplemental level/%		对照	leaf supplemental level/%	
		Control			Control		
			3	4		3	4
原料   Ingredients							
玉米   Maize	58.00	58.00	58.00	60.00	60.00	60.00	
豆粕   Soybean meal	10.20	10.20	10.20	7.00	7.00	7.00	
花生粕   Peanut meal	2.50	2.50	2.50	2.40	2.40	2.40	
菜籽粕   Rapeseed meal	2.40	2.40	2.40	3.00	3.00	3.00	

次粉	Wheat middings	15.00	12.00	11.00	15.00	12.00	11.00
麸皮	Wheat bran	5.00	5.00	5.00	7.00	7.00	7.00
玉米蛋白质	Corn protein	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
大豆油	Soybean oil	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00
磷酸氢钙	CaHPO <sub>4</sub>	1.40	1.40	1.40	1.10	1.10	1.10
石粉	Limestone	1.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.20
食盐	NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
杜仲叶	<i>Eucommia ulmoides</i> leaves		3.00	4.00		3.00	4.00
预混料	Premix <sup>1)</sup>	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
合计	Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>							
消化能	DE/(MJ/kg)	13.68	13.68	13.68	13.97	13.97	13.97
粗蛋白质	CP	16.10	16.00	15.97	15.30	15.23	15.20
总钙	Ca	0.90	0.95	0.96	0.85	0.90	0.91
总磷	TP	0.65	0.64	0.63	0.60	0.59	0.58
赖氨酸	Lys	1.80	1.76	1.75	1.12	1.10	1.10
蛋氨酸+半胱氨酸	Met+Cys	0.64	0.65	0.66	0.55	0.57	0.57
苏氨酸	Thr	0.66	0.71	0.73	0.54	0.60	0.61
色氨酸	Trp	0.22	0.23	0.23	0.20	0.21	0.21

<sup>1)</sup>1%添加量的预混料为每千克饲料提供 1% supplemental level premix provided the following per kg of the diets: VA 9 000 IU, VD<sub>3</sub> 2 000 IU, VE 34 mg, VK<sub>3</sub> 3.0 mg, VB<sub>1</sub> 2.5 mg, VB<sub>2</sub> 4.0 mg, VB<sub>6</sub> 5.0 mg, VB<sub>12</sub> 0.1 mg, 泛酸 pantothenic acid 13 mg, 烟酸 nicotinic acid 40 mg, 叶酸 folic acid 0.8 mg, 生物素 biotin 0.3 mg, Mn (as manganese sulfate) 30 mg, Zn ( as zinc sulfate) 85 mg, Fe ( as ferrous sulfate ) 95 mg, I (as ethylenediamine dihydroiodide ) 0.25 mg, Se ( as sodium selenite) 0.35 mg, 氯化胆碱 choline chloride 700 mg。

<sup>2)</sup>计算值 Calculated values。

表 2 杜仲叶营养成分含量

Table 2 Nutrient contents of *Eucommia ulmoides* leaves

营养成分 Nutrients	含量 Content
松脂醇二葡萄糖苷 Pinoresinol diglucoside/(mg/kg)	0.204
桃叶珊瑚苷 Aucubin/(mg/kg)	0.932
绿原酸 Chlorogenic acid/(mg/kg)	0.365
总黄酮 Flavonoid glycoside/(mg/kg)	41.660
消化能 DE/(MJ/kg)	21.36
粗蛋白质 CP/%	12.89
粗脂肪 EE/%	6.84
粗纤维 CF/%	7.63
钙 Ca/%	2.41
总磷 TP/%	0.15
赖氨酸 Lys/%	0.58
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys/%	1.14
苏氨酸 Thr/%	2.41
色氨酸 Trp/%	0.51
精氨酸 Arg/%	0.42

1.2 生长性能测定

试验开始和结束时，测定各组的体重，统计每栏试验猪的总采食量、腹泻及发病情况，计算平均日采食量、平均日增重及料重比等。

1.3 样本的采集与处理

试验开始后，每隔 10 d 采集 1 次粪样，做好标记，利用微生物平板培养方法，分离纯化不同微生物，进行分类鉴定和数量分析。

试验期结束后屠宰猪只，将采集好的肝脏用磷酸缓冲液（PBS）清洗，剪取 1 g 左右样品，加入生理盐水混合，制备组织匀浆，以 3 000 r/min 离心 15min，取上清液－80 ℃保存，用于抗氧化能力的检测。测定所需的谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、SOD、MDA、总抗氧化能力（T-AOC）试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.4 胴体指标的测定

chinaXiv:201812.00229v1

#### 1.4.1 胴体性状测定

测量方法参照《猪生产学》<sup>[15]</sup>。屠宰前称重，屠宰按照常规方法去头、蹄、尾内脏（留下板油和肾脏），然后测定胴体重、屠宰率、胴体直长、胴体斜长、胴体前宽、胴体后宽、眼肌面积、胸腰椎结合处和腰荐椎结合处的背膘厚及皮厚。

#### 1.4.2 肉品质测定

利用酸度计、允许膨胀压缩仪、数显式肌肉嫩度仪和色度仪分别测定肌肉 pH、系水力、嫩度和肉色。参照美国猪肉生产商委员会（NPPC）比色板（1991 版）5 分制标准进行肉色和大理石纹评分。宰后 2 h 内取腰大肌中段约 100 g 肉样，称蒸前重，然后置于蒸锅屉上用沸水蒸 30 min，蒸后取出悬挂于室内阴凉处冷却 15~20 min 后称重，并计算熟肉率。

#### 1.4.3 粗蛋白质含量测定

根据文献[16]中的方法，使用凯氏定氮法测定粗蛋白质含量，参考 GB/T 6432—1994 中的规定操作方法，使用浓硫酸消化样品将有机氮都转变成无机铵盐，然后在碱性条件下将铵盐转化为氨，随水蒸气蒸馏出来并为过量的硼酸液吸收，再以标准盐酸滴定，计算出样品中的氮量。

#### 1.4.4 肌内脂肪含量测定

根据文献[17]中的方法，使用索氏抽提法测定肌内脂肪含量，参考 GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》中的规定操作方法，使用乙醚替代样品中脂肪的方法，烘干后称量 3 次，直至质量恒定。

#### 1.4.5 剪切力测定

取屠宰 2 h 内腰大肌，长×宽×高不少于 6 cm×3 cm×3 cm 的整块肉样，将其置于干净塑料袋内，在 0~4 ℃条件下熟化 96 h，取出熟化的肌肉，在室温下放置 15 min，然后打开塑料袋，用直径 0.5 cm 玻璃温度计插入腰大肌中心位置，扎好袋口，使袋口朝上放置于水浴锅中加热，至腰大肌中心温度达 70 ℃后迅速取出，冷却至室温后，按照肌纤维垂直方向切取 1.50 cm 厚的肉块，再用直径 1.27 cm 的圆形取样器顺肌纤维方向取样。将肉样按肌纤维方向横放在剪切仪上，以 1 mm/s 的速度剪切，并记录读数，即剪切力值。

#### 1.4.6 粗灰分含量测定

将干净坩埚置于 550 ℃马弗炉中灼烧 30 min，取出在空气中冷却 1 min，再移入干燥器中，30 min 后称重，重复上述步骤直至 2 次误差不小于 0.000 5g 为恒重。取 5 g 烘干后的肉样（准确至 0.000 1 g）置于坩埚中，盖子勿盖严实，留条缝隙，低温炭化至无烟冒出，转至预热 550 ℃马弗炉后计时，灼烧 3 h，取出在空气中冷却 1 min 后置于干燥器中，30 min 后称重，重复上述步骤直至 2 次误差不小于 0.001 g 为恒重。

#### 1.5 统计分析

数据使用 Excel 2013 整理，采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA），用 LSD 法进

行多重比较， $P<0.05$  表示差异显著， $P<0.01$  表示差异极显著，结果以“平均值±标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 杜仲叶对育肥猪生长性能的影响

由表 3 可知，试验第 1~52 天，与对照组相比，3%杜仲叶添加组平均日增重差异不显著 ( $P>0.05$ )，4%杜仲叶添加组平均日增重显著提高 ( $P<0.05$ )；与对照组相比，试验组料重比降低 ( $P>0.05$ )，腹泻率极显著降低 ( $P<0.01$ )。试验第 53~102 天，与对照组相比，试验组平均日增重差异不显著 ( $P>0.05$ )，料重比极显著降低 ( $P<0.01$ )。

表 3 杜仲叶对育肥猪生长性能的影响

Table 3 Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on growth performance of finishing pigs

项目 Items	1~52 天 1 to 52 days			53~102 天 53 to 102 days		
	杜仲叶添加量 <i>Eucommia</i>			杜仲叶添加量 <i>Eucommia</i>		
	对照 Control	<i>ulmoides</i> leaf supplemental level/%		对照 Control	<i>ulmoides</i> leaf supplemental level/%	
		3	4		3	4
初重 Initial weight/kg	27.42±2.37	27.42±2.63	27.44±2.76	63.90±8.39	63.95±7.90	65.79±6.18
末重 Final weight/kg	63.90±8.39	63.95±7.90	65.79±6.18	107.53±11.02	111.05±13.38	114.89±8.49
平均日增重 ADG/ (g/d)	701.54±4.84 <sup>b</sup>	702.50±8.55 <sup>b</sup>	737.50±5.63 <sup>a</sup>	872.60±14.41	942.00±19.77	982.00±18.56
平均日采食量 ADFI/ (kg/d)	1.64±0.03	1.69±0.02	1.62±0.02	3.05±0.09	2.98±0.08	3.00±0.10
料重比 F/G	2.52±0.70	2.36±0.80	2.37±0.30	3.59±0.20 <sup>A</sup>	3.18±0.60 <sup>B</sup>	3.26±0.04 <sup>B</sup>
腹泻率/%	0.10 <sup>A</sup>	0.00 <sup>B</sup>	0.05 <sup>B</sup>	0.05	0.00	0.00

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )，不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different capital letter superscripts represented extremely significant difference ( $P<0.01$ ), and with different small letter superscripts represented significant difference ( $P<0.05$ ). The same as below.

2.2 杜仲叶对育肥猪胴体性状的影响

由表 4 可知，与对照组相比，试验组宰前活体重差异不显著 ( $P>0.05$ )，屠宰率有所提高 ( $P>0.05$ )，眼肌面积增加 ( $P>0.05$ )；与对照组相比，4%杜仲叶添加组胴体斜长显著下降 ( $P<0.05$ )，肋膘厚、肋皮厚和平均皮厚均下降 ( $P>0.05$ )。

表 4 杜仲叶对育肥猪胴体性状的影响

Table 4 Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on carcass characters of finishing pigs

项目 Items	对照	杜仲叶添加量 <i>Eucommia ulmoides</i> leaf	
		supplemental level/%	
		3	4
活体重 Slaughter weight/kg	109.89±8.49	110.53±11.02	112.05±13.38
胴体重 Carcass weight/kg	81.89±7.21	84.16±7.82	82.30±8.56
屠宰率 Dressing percentage/%	75.52±0.85	78.18±0.71	76.97±0.64
胴体直长 Carcass straight length/cm	79.67±1.53	77.67±3.06	88.67±11.37
胴体斜长 Carcass oblique length/cm	95.00±2.00 <sup>a</sup>	93.00±2.00 <sup>a</sup>	82.00±7.55 <sup>b</sup>
肋膘厚 Rib fat thickness/mm	27.00±2.00	30.67±3.06	25.33±5.51
平均背膘厚 Average back fat thickness/mm	26.00±2.08	24.11±4.35	23.11±1.02
肋皮厚 Rib skin thickness/mm	3.19±0.22	3.25±0.57	2.74±0.41
平均皮厚 Average skin thickness/mm	3.18±0.35	3.22±0.64	2.97±0.03
眼肌面积 Loin-eye area/cm <sup>2</sup>	48.32±9.28	59.09±6.28	53.16±4.16
胴体前宽 Carcass before the wide/cm	43.33±1.15 <sup>b</sup>	46.33±1.15 <sup>a</sup>	43.33±1.53 <sup>b</sup>
胴体后宽 Carcass after the wide/cm	36.67±1.53	41.00±2.65	38.00±2.65

2.3 杜仲叶对育肥猪肉品质的影响

由表 5 可知，与对照组相比，试验组熟肉率增加 ( $P>0.05$ )，滴水损失极显著降低 ( $P<0.01$ )；与对照组相比，3%杜仲叶添加组剪切力显著下降 ( $P<0.05$ )，试验组肌肉中粗灰分含量显著降低 ( $P<0.05$ )，4%杜仲叶添加组肌内脂肪含量显著降低 ( $P<0.05$ )。

表 5 杜仲叶对育肥猪肉品质的影响

Table 5 Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on meat quality of finishing pigs

项目 Items	对照	杜仲叶添加量 <i>Eucommia ulmoides</i> leaf	
		supplemental level/%	
		3	4
熟肉率 Cooked meat percentage/%	64.23±2.90	67.08±2.32	66.16±3.98
肉色 Fleshcolor	2.67±0.29	3.00±0.00	2.83±0.29
大理石纹 Marbling	2.67±0.29	2.50±0.50	2.67±0.29



pH <sub>45 min</sub>	5.48±0.13	5.58±0.41	5.70±0.09
pH <sub>24 h</sub>	5.25±0.01	5.53±0.10	5.53±0.02
滴水损失 Drip loss/%	2.07±2.96 <sup>A</sup>	1.09±0.25 <sup>B</sup>	1.70±1.22 <sup>B</sup>
失水率 Driage/%	24.87±8.05	22.54±4.79	20.08±0.40
45 min 亮度 L* <sub>45 min</sub>	46.33±1.43	46.10±1.02	42.60±0.74
45 min 红度 a* <sub>45 min</sub>	2.23±0.88	1.90±1.00	1.53±0.61
45 min 黄度 b* <sub>45 min</sub>	5.40±0.56	7.80±1.63	6.60±0.70
24 h 亮度 L* <sub>24 h</sub>	47.87±3.5	45.03±0.23	43.70±1.56
24 h 红度 a* <sub>24 h</sub>	2.43±0.44	2.47±1.55	2.53±0.65
24 h 黄度 b* <sub>24 h</sub>	7.25±0.61	8.25±0.94	8.40±0.75
嫩度 Tenderness	3.26±0.33	2.58±0.23	2.92±0.17
粗蛋白质 Crude protein/%	17.50±0.95	17.42±0.81	17.35±0.89
肌内脂肪 Intramuscular fat/%	2.17±0.28 <sup>a</sup>	1.93±0.06 <sup>ab</sup>	1.84±0.12 <sup>b</sup>
剪切力 Shear force/N	31.92±5.64 <sup>a</sup>	25.25±3.91 <sup>b</sup>	28.69±2.97 <sup>ab</sup>
粗灰分 Ash/%	1.60±0.67 <sup>a</sup>	1.19±0.05 <sup>b</sup>	1.27±0.11 <sup>b</sup>

2.4 杜仲叶对育肥猪抗氧化能力的影响

由表 6 可知，与对照组相比，饲料中添加杜仲叶可极显著提高肝脏中 GSH-Px 的活性( $P<0.01$ )，极显著降低肝脏中 MDA 含量( $P<0.01$ )，对其他抗氧化能力指标影响不显著 ( $P>0.05$ )。

表 6 杜仲叶对育肥猪抗氧化能力的影响

Table 6 Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on antioxidant capacity of finishing pigs

项目	对照	杜仲叶添加量 <i>Eucommia ulmoides</i> leaf	
		supplemental level/%	
Items	Control	3	4
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/ mg prot)	471.96±5.02 <sup>A</sup>	495.73±6.46 <sup>B</sup>	506.23±4.43 <sup>B</sup>
超氧化物歧化酶 SOD/(U/ mg prot)	113.96±4.19	118.84±1.43	119.56±2.06
丙二醛 MDA/(nmol/ mg prot)	2.74±0.05 <sup>A</sup>	2.28±0.05 <sup>B</sup>	2.20±0.04 <sup>B</sup>
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot)	0.60±0.02	0.65±0.03	0.69±0.07

2.5 杜仲叶对育肥猪肠道菌群的影响

由表 7 可知，与对照组相比，4%杜仲叶添加组大肠杆菌和沙门氏菌数量显著降低( $P<0.05$ )，双歧杆菌与



乳酸菌数量差异不显著( $P>0.05$ ), 但均有上升趋势; 与对照组相比, 3%杜仲叶添加组大肠杆菌、双歧杆菌、沙门氏菌和乳酸菌数量差异均不显著( $P>0.05$ )。

表 7 杜仲叶对育肥猪肠道菌群的影响

Table 7 Effects of *Eucommia ulmoides* leaves on intestinal microbial flora of finishing pigs

项目  Items	对照  Control	杜仲叶添加量 <i>Eucommia ulmoides</i> leaf supplemental level/%	
		3	4
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i> /( $\times 10^6$ /g)	7.01 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	6.88 $\pm$ 0.14 <sup>ab</sup>	6.77 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>
双歧杆菌 <i>Bifidobacterium</i> /( $\times 10^6$ /g)	8.87 $\pm$ 0.19	9.04 $\pm$ 0.08	9.10 $\pm$ 0.05
沙门氏菌 <i>Salmonella</i> /( $\times 10^6$ /g)	6.60 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	6.49 $\pm$ 0.05 <sup>ab</sup>	6.43 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>
乳酸菌 <i>Lactobacillus</i> /( $\times 10^6$ /g)	8.68 $\pm$ 0.26	8.80 $\pm$ 0.07	8.98 $\pm$ 0.08

3 讨 论

3.1 杜仲叶对育肥猪生长性能的影响

生长性能的高低直接决定育肥猪的产肉能力, 影响养殖场的经济效益。杜仲叶作为绿色添加剂, 兼有药理和生理功能, 不但可以提高饲料养分的利用率<sup>[18]</sup>, 而且对肠道健康具有重要作用<sup>[11]</sup>。李金宝等<sup>[19]</sup>研究发现, 与对照组添加抗生素相比, 试验组仔猪添加 250 mg/kg 杜仲叶提取物, 日增重提高了 5%, 料重比降低了 5%。本试验中, 以未提取绿原酸的全杜仲叶粉替代基础饲料中同比例次粉, 与对照组相比, 试验组料重比下降, 平均日增重上升, 这可能是由于杜仲叶中含有大量的维生素及微量元素, 能够刺激中枢神经系统兴奋, 从而影响育肥猪的生长性能。王建辉等<sup>[20]</sup>在饲料中添加 1 500 mg/kg 杜仲叶提取物, 发现显著降低猪群日均腹泻评分, 显著提高猪群平均日增重, 显著降低料重比, 可能是因为小肠上皮细胞中白细胞介素 (IL) - 6、IL-8、肿瘤坏死因子 (TNF- $\alpha$ ) 含量的高低与腹泻相关, 杜仲叶中含有的绿原酸、黄酮苷等物质会抑制核因子 -  $\kappa$ B(NF- $\kappa$ B)信号通路的激活, 从而抑制 IL-6、IL-8 和 TNF- $\alpha$ 的释放, 减少育肥猪腹泻的发生率。此外, 杜仲叶中精氨酸含量较高, 能够改善机体免疫系统健康和增强疾病防御能力。

3.1 杜仲叶对育肥猪胴体性状和肉品质的影响

肉品质主要表现在嫩度、肉色、系水力及肌内脂肪等。研究表明杜仲提取物能不同程度地降低胴体皮厚、滴水损失, 增加眼肌面积、肉色评分和肌肉大理石纹评分<sup>[21]</sup>。曹国文等<sup>[12]</sup>研究发现, 以杜仲叶提取物为主的中草药饲料添加剂可使育肥猪背膘下降 20.35%, 眼肌面积增加 6.7%, 鲜肉失水率下降 12.02%。王建辉等<sup>[23]</sup>研究发现, 添加 1 500、2 000 mg/kg 杜仲叶提取物显著提高了育肥猪肌肉肌内脂肪含量。Zhou 等<sup>[23]</sup>研究表明, 饲料中添加杜仲叶粉显著改善了肉质性状, 减少了猪肉的纤维结构, 使得口感更佳。这可能与

chinaXiv:201812.00229v1

杜仲叶中含有苏氨酸和蛋氨酸有关，这些氨基酸具有加快脂肪代谢的功能，从而改善了肉质性状。此外，杜仲叶中的京尼平苷和桃叶珊瑚甙能够减缓脂质的过氧化，抑制亚铁离子（ $\text{Fe}^{2+}$ ）诱导 MDA 的形成<sup>[24-25]</sup>，阻止肌肉过快地氧化，对维持胴体性状及肉品质相对稳定具有一定作用。

猪在屠宰后，由于肌糖原无氧酵解生成乳酸导致肌肉 pH 下降，而 pH 与肉色、大理石纹、滴水损失及货架时间息息相关，因此 pH 是评价肉质指标的重要参考依据。肌肉中化学成分是影响肉质的主要因素，肌肉的含水率和系水力直接影响肉品质，含水率低表明肌肉中粗蛋白质和干物质含量高，系水力的能力则与嫩度相关。孙建广等<sup>[26]</sup>研究表明，屠宰 24 h pH 下降程度与滴水损失、系水力呈正相关，与剪切力呈负相关，这与本试验结果基本一致。大理石纹是脂肪沉淀在肌肉中显现出红白相间的颜色，与肉的多汁性、风味以及剪切力有关。Lee 等<sup>[27]</sup>报道，肥育猪饲料中分别添加 3%和 5%杜仲提取物，日增重显著提高、血液中白细胞数目显著降低，血红蛋白和红细胞压积显著升高，肌肉中粗蛋白质含量显著提高<sup>[25]</sup>，肉色、滴水损失和大理石花纹显著改善。在本研究中，试验组熟肉率增加、滴水损失极显著下降、剪切力和粗灰分含量显著下降。 $L^*$ 表示肉的亮度，绿原酸的抗氧化能力能够保证细胞膜的脂质层免受过氧化干扰，减少细胞膜上载体通道，从而降低肌肉渗水能力，减少肌肉反光；红度（ $a^*$ ）值是肉质中肌红蛋白转化为高铁蛋白的标志；黄度（ $b^*$ ）值与氧化相关。本试验中，从 45 min 和 24 h 肉色对比来看，添加杜仲叶改善了肌肉的肉色，维持猪肉色泽的稳定性，表明杜仲叶的抗氧化能力能够延缓氧化作用。

### 3.3 杜仲叶对育肥猪抗氧化能力的影响

生物机体在生长过程中会因新陈代谢不断产生自由基<sup>[28]</sup>，自由基具有很强的氧化性，与机体衰老、抗氧化能力有关<sup>[29-30]</sup>，生物机体主要依赖其完整的抗氧化防御系统消除自由基。陈玉敏等<sup>[31]</sup>在爱拔益加肉鸡饲料中添加不同水平的杜仲叶提取物后，肌肉中 GSH-Px 活性呈现出先下降后升高的二次变化趋势，其中添加 0.05%、0.15%和 0.20%杜仲叶提取物组比对照组分别升高了 20.50%、14.91%和 12.89%。周华珠等<sup>[32]</sup>以实验性衰老小鼠喂服杜仲叶水提物，发现小鼠肺组织及红细胞中 GSH-Px、SOD 活性增强，并抑制了 MDA 的产生。机体在运动过程中会产生高活性氧化性物质（ROS），通过修饰蛋白质、脂质、DNA 等物质，引发机体损伤及细胞活性，致使抗氧化能力失衡，杜仲叶的强抗氧化能力能够加速 ROS 的消除，从而减少机体损伤<sup>[33-34]</sup>。杜仲叶中的绿原酸、黄酮苷以及木脂素类物质能够发挥抗氧化能力，清除机体内自由基保护机体正常细胞代谢。本试验中，以 3%、4%杜仲叶粉替代基础饲料中部分次粉，与对照组相比，饲料中添加杜仲叶粉极显著提高肝脏中 GSH-Px 的活性，极显著降低肝脏中 MDA 含量，表明添加杜仲叶粉加快了自由基消除进程，从而增强机体抗氧化能力。

### 3.4 杜仲叶对育肥猪肠道菌群的影响

肠道微生物菌群参与机体诸多生理代谢活动<sup>[35]</sup>，影响动物的生长性能及腹泻等肠道性疾病。闻爱友等<sup>[36]</sup>

以中草药多糖（含杜仲）添加到断奶仔猪饲料中，发现 400 和 600 mg/kg 添加组的大肠杆菌数量显著下降 10.63%和 13.30%，乳酸菌和双歧杆菌数量极显著增加。曹国文等<sup>[37]</sup>研究发现，饲料中添加 30、5 和 3 g/kg 中草药添加剂（含杜仲），断奶仔猪大肠杆菌数量显著下降，双歧杆菌、乳酸菌在肠道增殖。绿原酸是发挥杜仲药性的重要成分之一，通过对肠道中乳酸菌、双歧杆菌等益生菌的增殖，产生维生素 B、乳酸等抑菌物质<sup>[26]</sup>，改变肠道 pH，从而抑制大肠杆菌、沙门氏菌等有害菌的生长，提高动物的免疫力和生长性能。同时肠道菌群能够调节动物体内脂肪代谢，其发酵代谢产物挥发性脂肪酸是调节脂肪代谢重要途径。本试验中以 3%、4%杜仲叶粉替代基础饲料中同比例次粉，能够增加双歧杆菌和乳酸菌数量，减少大肠杆菌和沙门氏菌的数量，这与前人研究结果一致，但添加杜仲叶与沙门氏菌的关系及机制尚未有报道。

#### 4 结 论

- ① 饲料中添加杜仲叶能增加育肥猪平均日增重，降低料重比，提高生长性能。
- ② 饲料中添加杜仲叶能改善育肥猪的胴体性状及肉品质指标，增强其抗氧化能力，对肠道菌群的数量有一定的调控作用。
- ③ 本试验中 2 个杜仲叶添加量均能改善育肥猪的某些指标，以 4%添加量效果更加明显。

参考文献：

- [1] 袁天翊,方莲花,吕扬,等.杜仲叶的药理作用研究进展[J].中国中药杂志,2013,38(6):781–785.
- [2] 孙兰萍, 马龙, 张斌,等.杜仲黄酮类化合物的研究进展[J].食品工业科技,2009,30(3):359–363.
- [3] ZHANG R,LIU Z G,LI C,et al.Du-Zhong (*Eucommia ulmoides* Oliv.) cortex extract prevent OVX-induced osteoporosis in rats[J].Bone,2009,45(3):553–559.
- [4] HIRATA T,KOBAYASHI T,WADA A,et al.Anti-obesity compounds in green leaves of *Eucommia ulmoides*[J].Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters,2011,21(6):1786–1791.
- [5] HUSSAIN T,TAN B E,LIU G,et al.Health-promoting properties of *Eucommia ulmoides*:a review[J].Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine,2016,2016:5202908.
- [6] 向灿辉,罗景,王文君,等.杜仲叶绿原酸抗氧化稳定性研究[J].食品科技,2013,38(1):224–227.
- [7] 冷向军,孟晓林,李家乐,李小勤,华雪铭.杜仲叶对草鱼生长、血清非特异性免疫指标和肉质影响的初步研究[J].水产学报,2008,32(3):434–440.
- [8] 莫棣华,佟建明,范乃仁.努力开拓新一代饲料添加剂——苜蓿素、杜仲素、糖萜素[J].广东饲料,2004,13(4):5–8.
- [9] 杨津,董文宾,许先猛,等.杜仲叶黄酮苷抗疲劳和抗氧化活性的研究[J].陕西科技大学学报:自然科学版,2010,28(3):60–63.

- [10] 贾宁.杜仲对促进小鼠胶原蛋白合成的研究[J].中国兽医科技,2001,31(11):25–26.
- [11] 陈鹏,杨在宾,张庆,等.八角和杜仲叶提取物对断奶仔猪生长性能、血清代谢产物及肠道健康的影响[J].饲料工业,2017,38(4):8–11.
- [12] 曹国文,曾代勤,戴荣国,等.中药添加剂对生长猪肠道菌群与生产性能的影响[J].四川畜牧兽医,2005,30(10):19–20.
- [13] 王柏强,刘福,江承平,等.正交试验优选杜仲叶绿原酸的提取工艺[J].中国药房,2014,25(27):2527–2530.
- [14] 兰小艳,黄敏,张学俊.杜仲叶中绿原酸醇提法的工艺研究[J].中国农学通报,2009,25(18):84–88.
- [15] 杨公社.猪生产学[M].北京:中国农业科技出版社,2002:55–58.
- [16] 马丹.凯氏定氮法测定食品中蛋白质含量[J].计量与测试技术,2008(6):57–58.
- [17] TYRA M,ZAK G.Characteristics of the Polish breeding population of pigs in terms of intramuscular fat ( IMF) content of *m. longissimus dorsi*[J].Annals of Animal Science,2010,10(3):241–248.
- [18] 赵帅,段明房,胡红伟,等.杜仲叶的功能及在养殖动物中的应用[J].饲料博览,2017(3):27–30.
- [19] 李金宝,曹爱智,孙志亮,等.杜仲叶提取物替代抗生素对断奶仔猪生长性能的影响[J].广东饲料,2013,22(4):28–29.
- [20] 王建辉,贺建华,易宣,等.杜仲提取物对猪生长性能及血液指标的影响[J].饲料研究,2007(2):1–4.
- [21] 陈鹏,杨在宾,黄丽波,等.八角和杜仲叶提取物对断奶仔猪生长性能、血清酶活性及肝脏肿瘤坏死因子- $\alpha$ 分布和表达的影响[J].动物营养学报,2017,29(3):874–881.
- [22] 王建辉,贺建华,易宣,等.杜仲提取物对猪胴体品质及肌肉氨基酸含量的影响[J].动物营养学报,2007,19(3):269–276.
- [23] ZHOU Y,ZHENG R,LI X L,et al.*Eucommia ulmoides* Oliver leaf polyphenol supplementation improves meat quality and regulates myofiber type in finishing pigs[J].Journal of Animal Science,2016,94(9):164–168.
- [24] WANG M Q,DU Y I,YE S S,et al.Effects of Duzhong (*Eucommia ulmoides* Oliv.) on growth performance and meat quality in broiler chicks[J].Journal of Animal & VeterinaryAdvances,2012,11(9):1385–1389.
- [25] FOLEY S,NAVARATNAM S,MCGARVEY D J,et al.Singlet oxygen quenching and the redox properties of hydroxycinnamic acids[J].Free Radical Biology and Medicine,1999,26(9/10):1202–1208.
- [26] 孙建广,张石蕊,谯仕彦,等.发酵乳酸杆菌对生长肥育猪生长性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2010,22(1):132–138.
- [27] LEE S D,KIM H Y,SONG Y M,et al.The effect of *Eucommia ulmoides* leaf supplementation on the growth performance,blood and meat quality parameters in growing and finishing pigs[J].Animal Science Journal,2009,80(1):41–45.

- [28] 廖日滔,郭静科,李冰洁,等.自由基相关细胞信号传导的研究进展[J].中国细胞生物学学报,2014(11):1573–1583.
- [29] 赵保路.自由基、营养、天然抗氧化剂与衰老[J].生物物理学报,2010,26(1):26–36.
- [30] HARMAN D.Free radical theory of aging:an update:increasing the functional life span[J].Annals of the New York Academy of Sciences,2006,1067(1):10–21.
- [31] 陈玉敏,黄涛,宋小珍,等.饲料中添加杜仲叶提取物对爱拔益加肉鸡生长性能及免疫功能的影响[J].动物营养学报,2015,27(7):2224–2230.
- [32] 周华珠,陈翠华,孙云,等.杜仲叶提取物对衰老小鼠抗氧化功能的影响[J].徐州医学院学报,1998,18(6):463–464.
- [33] YOU Y, KIM K, HEO H,et al.Stimulatory effects of *Pseudosasa japonica* leaves on exercise performance[J].Bioscience,Biotechnology,and Biochemistry,2006,70(10):2532–2535.
- [34] IKEUCHI M, KOYAMA T, TAKAHASHI J,et al.Effects of astaxanthin supplementation on exercise-induced fatigue in mice[J].Biological and Pharmaceutical Bulletin,2006,29(10):2106–2110.
- [35] 杨利娜,边高瑞,朱伟云.单胃动物肠道微生物菌群与肠道免疫功能的相互作用[J].微生物学报,2014,54(5):480–486.
- [36] 闻爱友,柳卫国,戴四发,等.复方中草药多糖对断乳仔猪生产性能、肠道形态结构及微生物菌群的影响[C]//中国畜牧兽医学会养猪学分会第五次全国会员代表大会暨养猪业创新发展论坛论文集.桂林:中国畜牧兽医学会养猪学分会,2010:7.
- [37] 曹国文,曾代勤,戴荣国,等.中草药添加剂对断奶猪肠道菌群与生产性能的影响[J].中国兽医科技,2003,33(11):54–58.

Effects of *Eucommia ulmoides* Leaves on Growth Performance, Carcass Characters, Antioxidant Capacity and Intestinal Microbial Flora of Finishing Pigs

SHI Hairen<sup>1</sup> GUN Shuangbao<sup>1,2</sup> ZHANG Shengwei<sup>1</sup> HUANG Wangzhou<sup>1</sup> YANG Qiaoli<sup>1</sup> HUANG Xiaoyu<sup>1</sup> WANG Pengfei<sup>1</sup> LI Shenggui<sup>1</sup> YAN Zunqiang<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Research Center for Swine Production Engineering and Technology, Lanzhou 730070, China)

Abstract: This experiment was performed to study the effects of dietary *Eucommia ulmoides* leaves (EUL) on growth performance, carcass characters, antioxidant capacity and intestinal microbial flora, aiming to explorer its application effects in production. Sixty (27±1) kg finishing pigs (Landrace×Yorkshire) with similar birthday and healthy status were selected and randomly divided into 3 groups with 20 pigs per group. Pigs in control group were

fed a basal diet (no antibiotics), and in experimental groups were fed the basic diets with 3% and 4% EUL respectively replaced the same proportion of wheat middings. The experiment was lasting for 102 (52+50) days. Then, a total of 12 pigs (4 pigs per group) were randomly slaughtered to investigate the carcass characters and meat quality. The results showed as follows: from 1 to 52 days, compared with the control group, 4% EUL significantly increased the average daily gain ( $P<0.05$ ) and extremely significantly decreased the diarrhea rate ( $P<0.01$ ); from 53 to 102 days, compared with the control group, the feed to gain ratio was extremely significantly decreased in the experimental groups ( $P<0.01$ ). Compared with the control group, the loin eye area was increased ( $P>0.05$ ), while the drip loss was extremely significantly decreased ( $P<0.01$ ) in the experimental groups. The liver glutathione peroxidase activity was extremely significantly increased ( $P<0.01$ ), while the liver malondialdehyde content was significantly decreased ( $P<0.01$ ) in the experimental groups compared with the control group. Compared with the control group, 4% EUL significantly increased the amounts of *Escherichia coli* and *Salmonella* ( $P<0.05$ ), but had no significant effects on the amounts of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* ( $P>0.05$ ). The results indicate that the dietary 4% *Eucommia ulmoides* leaves can significantly reduce the diarrhea rate, increase the growth performance, improve the carcass characters and meat quality, increase the antioxidant capacity, and regulate the intestinal microbial flora of finishing pigs.

Key words: *Eucommia ulmoides* leaves; growth performance; carcass characters; antioxidant capacity; intestinal microbial flora

\*Corresponding author, professor, E-mail: [gunsb@gsau.edu.cn](mailto:gunsb@gsau.edu.cn)

(责任编辑 田艳明)